

УДК 621.01/02

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОБИЛЬНОСТИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА  
НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ**

**д-р техн. наук, доц. Н.Н. ПОПОК**  
(Полоцкий государственный университет)

*На основе методологии мобильного производства предложена методика создания технологических модулей, рассмотрены их основные элементы. Приведены примеры ограничений типоразмеров деталей и конструктивных элементов. Показано формирование быстроперенастраиваемой технологической оснастки на основе унифицированного режцового блока и дан пример представления информации о технологическом модуле. Использование унифицированного взаимозаменяемого режцового блока в модульном инструменте гарантирует обработку различных типоразмеров поверхностей со значительным сокращением времени переналадки оснастки.*

**Введение.** Анализ тенденций развития машиностроительного производства показывает [1, 2], что предприятия стремятся к объединению технологий с различными методами механической, термической, химической и электроэрозионной обработки материалов; расширению номенклатуры оборудования для комплексной обработки на одном рабочем месте всё более сложных деталей; применению модульного принципа построения технологии, оснастки и станков [3, 4].

Для учёта и осуществления современных тенденций необходима быстрая и экономичная (мобильная) реорганизация отечественного машиностроительного производства, суть которой состоит [5] в оценке базового потенциала производства в сопоставлении с потребностями в выпускаемой им продукции; выборе наиболее рационального для данного производства и конкурентоспособного на рынке нового изделия; подготовке производства новых изделий и освоении их выпуска с использованием ускоренных методов.

Технологической основой мобильной реорганизации и развития производства является систематизация изделий и их составляющих с учётом степени сложности проектирования и изготовления, унификация и ограничение типоразмеров применительно к конкретному производству и создание технологических модулей, обеспечивающих достижение требуемой степени сложности изделий.

Под технологическим модулем понимается совокупность типоразмера обрабатываемой поверхности и конструктивного элемента детали, вида обработки резанием, параметров режущего инструмента и станка, режима резания для осуществления перехода технологической операции. Из технологических модулей, как из «кирпичиков», может быть создан технологический процесс получения изделий различной степени сложности и для различных типов производства.

**Основные элементы технологического модуля.** Технологический модуль включает следующие основные элементы, достаточно подробно и всесторонне описанные в справочной литературе и каталогах по обработке материалов резанием: 1) обрабатываемый и инструментальный материалы; 2) конфигурация детали; 3) поверхность и конструктивный элемент; 4) вид обработки резанием; 5) пластина режущая (лезвие); 6) режущий инструмент; 7) режим резания.

С точки зрения обработки резанием материал заготовки подразделяют на три группы [6, 7]: 1) конструкционные стали, инструментальные стали, стали для отливок, коррозионно-теплостойкие стали (мартенситно-ферритного классов); 2) коррозионно- и теплостойкие стали (аустенитного класса), жаростойкие и жаропрочные сплавы (мартенситно-аустенитного, мартенситного и аустенитного классов, на Ni–Cr основе), никель – кобальтовые сплавы, титановые сплавы (деформируемые, литейные); 3) чугуны (ковкие, серые, антифрикционные с шаровидным графитом), алюминиевые сплавы (деформируемые, литейные), магниевые сплавы (деформируемые, литейные), медь и медные сплавы (медь, латуни, бронзы), антифрикционные сплавы (цветные, алюминиевые, порошковые, баббиты).



Для каждой из этих групп обрабатываемых материалов установлены таблицы соответствия в обозначениях марок в различных странах [8]: ГОСТ (Россия), DIN (Германия), SS (Швеция), BS (Великобритания), UNI (Италия), JIS (Япония), ANSI (США).

Применяемые для обработки материалов заготовок инструментальные материалы подразделяются на: 1) углеродистые стали; 2) углеродистые легированные стали; 3) быстрорежущие стали; 4) твердые сплавы; 5) минералокерамику и керметы; 6) сверхтвердые материалы. Например, твердые сплавы, в зависимости от обрабатываемого материала и согласно кодам ИСО/АНСИ подразделяются на три группы P, M, K. Группы разбиты на подгруппы, каждая из которых обозначена числовым индексом, характеризующим вид обработки, режим резания и свойства обрабатываемого материала, например, P01, P10 ... P50; M10... M40; K01, K05, K10... K40. Выделены сплавы с покрытием: MA1, MA2, MT1, MT22; без покрытия: MP1, MP4.

Установлены диаграммы соответствия инструментального и обрабатываемого материалов в связи с режимом резания и характеристиками твердого сплава, на которых указываются направления выбора наиболее распространенных сочетаний, с обеспечением увеличения скорости, подачи и глубины резания, а также прочности и износостойкости инструментальных материалов. Эти диаграммы позволяют рекомендовать предпочтительные области применения тех или иных подгрупп инструментальных материалов. Пример такой диаграммы для фрезерной обработки твердым сплавом представлены в таблице 1.

Таблица 1

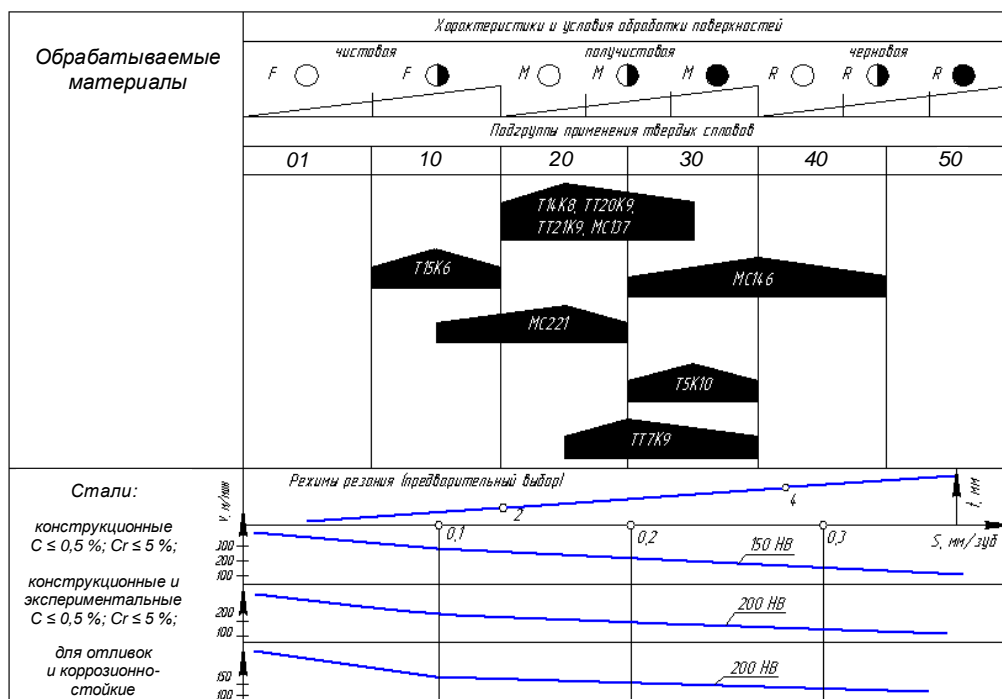
Твердые сплавы для фрезерной обработки

Марки	Области применения															
	Р								М				К			
	Подгруппы															
	01	10	20	30	40	50	10	20	30	40	01	10	20	30		
T15K6																
T14K8																
TT20K9																
TT21K9																
MC137																
T5K10																
MC221																
MC146																
MC321																
TT7K12																
TT8K6																
BK8																

Эти диаграммы также дополняются картами характеристик и условий обработки поверхности и режимами резания. Например, для фрезерной обработки материалов группы Р такую карту иллюстрирует таблица 2.

Таблица 2

Выбор марки твердого сплава для фрезерной обработки материалов группы Р



То есть первый, четвертый и седьмой элементы технологического модуля включают вполне обоснованный набор, учитывающий характеристики обрабатываемого и инструментального материалов, условия обработки и вид снимаемой стружки (чистовая, получистовая, черновая), вид обработки (токарная, фрезерная и т.д.) и рекомендуемый (предварительный) режим резания (скорость, подача, глубина). Достаточно информации в каталогах по пятому и шестому элементам, в котором предлагаются различные формы режущих пластин, различная геометрия передней и задней поверхностей, система крепления пластин и т.д. (табл. 3). Причем формы пластин все время развиваются и изменяются. Например, формируются требуемые значения переднего и заднего углов, профиль передней поверхности по длине режущей кромки, профиль основания пластины для ее закрепления в корпусе, предлагаются новые составы износостойких покрытий на лезвиях.

Таблица 3

Система обозначения пластин и инструмента

Форма пластины													
80°		55°								35°		80°	
C		D		R		S		T		V		W	
Размер пластины = длина режущей кромки, мм													
06-19	07-15	06-12	09-19	06-22	11-16	06-08							
Задний угол пластины													
N	C	B											
Тип пластины													
A	M	G	T										
Система крепления													
D	M	P	S										
Прижим повышенной жесткости (RC)	Прижим сверху и поджим за отверстие	Прижим рычагом за отверстие	Крепление винтом										

**Основы формирования баз данных по конструктивным элементам деталей.** Конфигурация пластин тесно увязывается с формой обрабатываемой поверхности и конструктивного элемента детали (элементы 2 и 3 в технологическом модуле), например, как представлено в таблице 4 и на рисунке 1.

Классификатор конфигураций деталей подробно представлен в [9].

Детали подразделяются на классы (например, тела вращения), указывается наименование детали, выполняемая деталью функция, описывается геометрическая форма деталей.

Что касается классификации поверхностей и конструктивных элементов детали, то в литературе отмечается их подразделение по технологическим, конструктивным (геометрическим) и кинематическим признакам.

Учитывая многообразие деталей, конструктивных элементов и поверхностей, целесообразным является составление их ограничительных перечней по критерию наибольшей встречи и применимости на конкретном производстве, как это предложено в работе [5]. Например, большое многообразие деталей типа «вал» может быть приведено к трем конфигурациям (рис. 2), из которых одна является наиболее часто встречающейся (табл. 5), а конструктивные элементы могут быть сведены к пяти основным группам (рис. 3).

Таблица 4

## Выбор формы пластин

Буквенное и цифровое обозначение пластин																
Вид обрабатываемой детали	буквенное	цифровое	буквенное	цифровое	буквенное	цифровое	буквенное	цифровое	буквенное	цифровое	буквенное	цифровое	буквенное	цифровое	буквенное	цифровое
	TNUN	0111	WNLA	0213	SPUN	0311	CNUA	0513	KN	0816	PNUA	1013	HN	1113	RNUA	1213
	TNUA	0113	WNLM	0214	SNUN	0311	CNMA	0513	UX		PNMA	1013	UA	1114	RNMA	1213
	TNMA	01123			SNUA	03113	CNUM	0514			PNEA	10153	HN		RNUM	12114
	TNUM	01114			SMA	03123	CNMM	05124			PNUM	10114	UM		RNUM	12124
	TNMM	01124			SUM	03114					PNUM	10124				
	TPUM	01311			SMM	03124										
	◆	◆	■	■	●	●	■	■	◆	◆	■	■	■	■		
	◆	◆	●	●	●	●	■	■	■	■	■	■	■	■		
	■	■	●	●			●	●	■	■						
	■	■	●	●			●	●	■	■						
									●	●					●	●
															●	●

● – предпочтительная форма; ■ – пригодная форма; ◆ – наименее пригодная форма

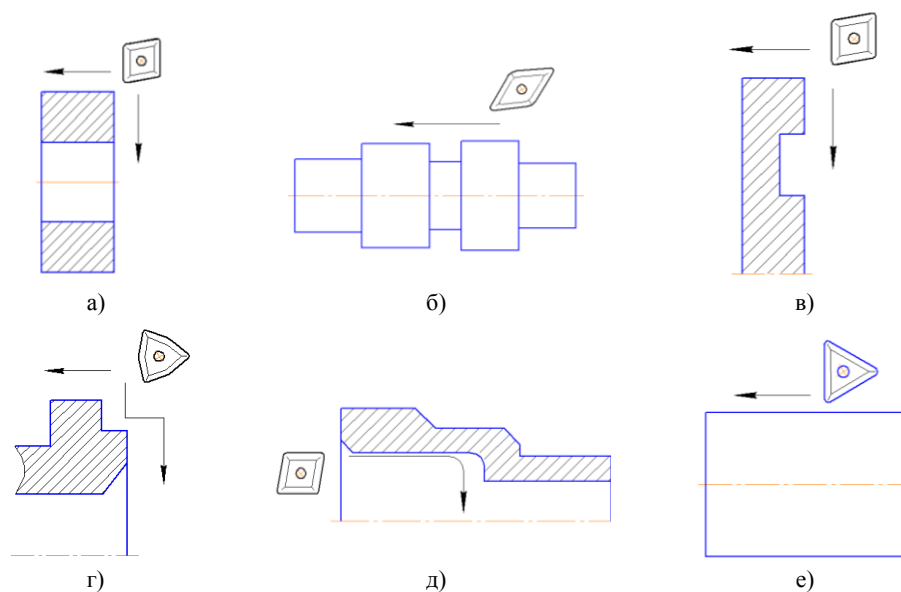


Рис. 1. Примеры применения пластин режущих различной формы при обработке поверхностей деталей различной конфигурации и материалов:  
а, б, в, г – сплав; д, е – сталь углеродистая

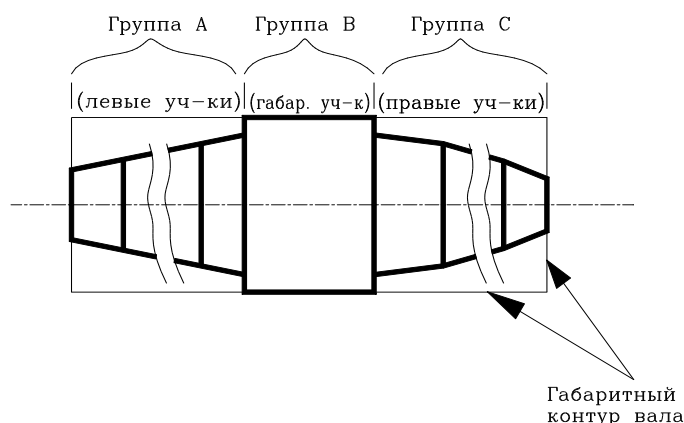


Рис. 2. Схема последовательной структуры вала как сочетание трёх групп участков

Таблица 5

Распределение массива валов по типам конфигурации

Значение параметра	Сочетание групп	% валов в массиве
0	В	5
1	ВС	15
2	АВ	15
3	АВС	65

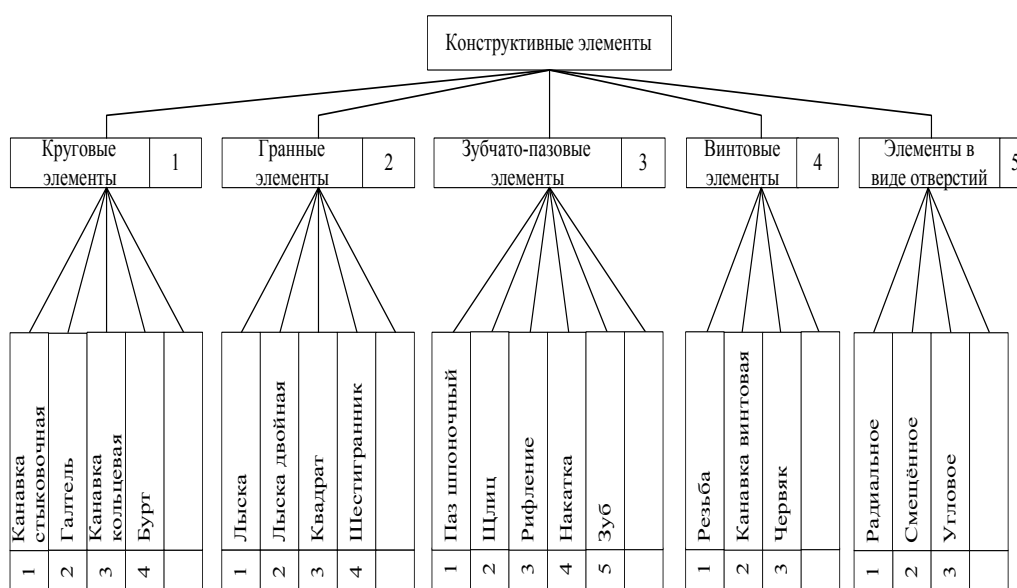


Рис. 3. Классификационная схема конструктивных элементов деталей

Такой подход позволяет предложить классификацию, ввести их коды по основным параметрам и увязать с видами обработки резанием и режущим инструментом, например, как представлено в работе [5]. В этом случае можно автоматизировать выбор (проектирование) технологического модуля, создав соответствующие базы данных по каждому из вышеперечисленных элементов.

**Быстросперенастраиваемая технологическая оснастка.** Для обеспечения формирования технологического модуля желательно, чтобы оснастка была быстросперенастраиваемой. На наш взгляд наиболее рациональным, с точки зрения экономии средств, является подбор конструкции технологической оснастки по модульному принципу с максимальной взаимозаменяемостью модулей. Для режущего инструмента реализация такого подхода является довольно сложной технической задачей. Об этом свидетельствует тот факт, что ведущие зарубежные фирмы используют в инструментах одного назначения разные модули. Это безусловно приведет к удорожанию производства и использования таких инструментов. Поэтому предложено [10] взаимосвязь пятого и шестого элементов технологического модуля осуществить

путем введения «посредника» или «адаптера» в виде унифицированных резцовых блоков, которые могут быть использованы в разных типах режущих инструментов. Например, для обработки конструктивных элементов и поверхностей детали, изображенных на рисунке 4, используется унифицированный резцовый блок и соответствующий инструмент для растачивания 1, нарезания резьбы 2, обтачивания наружных поверхностей в упор 3 и напроход 4, и подрезания торца 5, фрезерования паза 6, фрезерования лыски 7, а также охватывающего фрезерования сферической поверхности 8. В этом случае схема формирования необходимого для обработки режущего инструмента может быть представлена по рисунку 5.

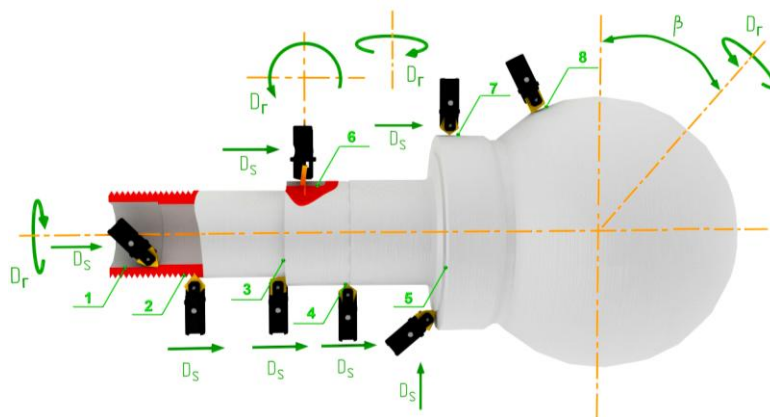


Рис. 4. Схема обработки конструктивных элементов поверхностей деталей:

- 1 – цилиндрическая внутренняя поверхность (резец расточной); 2 – резьба (резец резьбовой);  
 3 – цилиндрическая ступенчатая поверхность (резец проходной упорный);  
 4 – цилиндрическая поверхность (резец проходной); 5 – плоская торцовая поверхность (резец подрезной);  
 6 – паз шпоночный, шлицевой, зубчатый (фреза дисковая); 7 – лыска (фреза торцовая); 8 – сфера (фреза охватывающая)

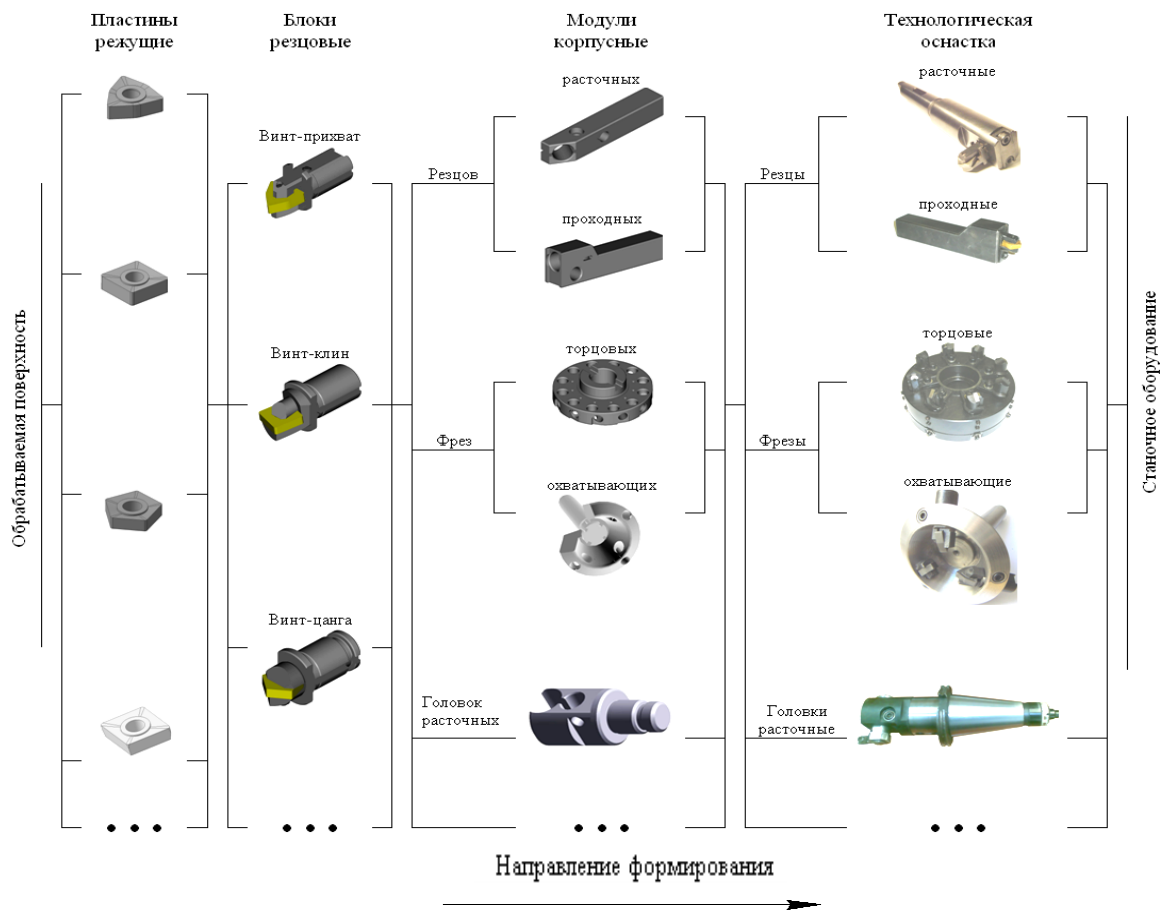


Рис. 5. Схема формирования технологической оснастки

Исходя из конфигурации детали, обрабатываемых поверхностей и конструктивных элементов выбирается пластина режущая, которая закрепляется в блоке резцовом (БР) одним из механизмов зажима (модулей зажимных – МЗ). Блоки резцовые соответственно устанавливаются в модуле корпусном (МК) и закрепляются модулем зажимным – МЗ (конструкции на схеме не показаны). В результате формируется набор технологической оснастки в виде резцов расточных, резьбовых, проходных и т.д., фрез торцовых, дисковых, охватывающих и т.д., головок расточных, зуборезных и т.д. Посадочные поверхности конструктивных модулей согласованы с установочными элементами станочного оборудования и приспособлений. Полная информация о технологическом модуле представляется в виде таблицы 6.

Таблица 6

Технологический модуль (пример)

Наименование № п/п	КЭ и П		ПР		БР		ОР	МК		МЗ		РР		
	Форма	Материал	Форма	Материал	Φ, мм	к, шт.		Φ, мм	к, шт.	Φ, мм	к, шт.	v, м/мин	S, мм/об	t, мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Цилиндр	Сталь 45	5-гр	T15K6	20	1	Обтачивание	–	1	20	1	150	0,6	2
2	Плоскость	Сталь 45	5-гр	T15K6	16	12	Фрезерование	160	1	16	12	200	0,1	0,5

**Выводы.** Предложенная методика формирования технологического модуля позволяют использовать данные как отечественных, так и зарубежных производителей машиностроительных изделий. Унификация конфигураций деталей и конструктивных элементов с учетом их частоты встречи и применения обеспечивает сокращение рассматриваемых типоразмеров. Использование унифицированного взаимозаменяемого резцового блока в модульном инструменте гарантирует обработку различных типоразмеров поверхностей со значительным сокращением времени переналадки оснастки. Построение машиностроительных производств на основе технологических модулей обеспечивает его мобильность при освоении новой продукции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бажанов, В.М. Влияние экономического спада на техническую политику в станкостроении / В.М. Бажанов, С.В. Васильев // По итогам 75-й междунар. выставки I MTS-2002 (г. Чикаго), 4 – 11 сентября 2004 г. // НТО – 2002. – № 7(32). – С. 9 – 11.
2. Черпаков, Б.И. Тенденции развития мирового станкостроения в начале XXI века / Б.И. Черпаков // СТИН. – № 9, 10. – С. 3 – 7.
3. Васильев, А.Л. Модульный принцип формирования техники / А.Л. Васильев. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 240 с.
4. Базров, Б.М. Организация проектирования модульных технологических процессов изготовления деталей / Б.М. Базров // Вестн. машиностроения. – 1995. – № 5. – С. 23 – 28.
5. Попок, Н.Н. Мобильная реорганизация машиностроительного производства / Н.Н. Попок. – Минск, УП «Технопринт», 2001. – 396 с.
6. Sandvik MKTC. Твердосплавные пластины. Каталог, 2006. – 40 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// www.coromant.Sandvik.com.Ru](http://www.coromant.Sandvik.com.Ru).
7. Пластины сменные многогранные твердосплавные. Кировоградский завод твердых сплавов. Каталог, 2002. – 52 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http:// www.kzts.ru](http://www.kzts.ru).
8. Гречишников, В.А. Проектирование инструментов: учеб. пособие / В.А. Гречишников, И.А. Коротков, А.Г. Схиртладзе. – М.: Славянская школа, 2006. – 253 с.
9. Иллюстрированный определитель деталей общемашиностроительного применения. Руководящий технический материал. Изд-во стандартов. – М., 1976. – 238 с.

Поступила 15.04.2009